

Zukunft in Bewegung

10 Enabler für die Transformation der Mobilität
in städtischen und ländlichen Räumen





Mobilität ist eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Sie ermöglicht wirtschaftliche Entwicklung, gesellschaftliche Teilhabe und individuelle Freiheit – und steht zugleich im Mittelpunkt der ökologischen und sozialen Transformation. Angesichts fortschreitender Urbanisierung, des demografischen Wandels und der Notwendigkeit, CO₂-Emissionen drastisch zu reduzieren, muss das bestehende Verkehrssystem grundlegend neu gedacht werden. Die klassische Trennung von Individualverkehr und öffentlichem Nahverkehr, von Energie- und Mobilitätssystem oder von Nutzenden und Infrastruktur greift in dieser neuen Realität zu kurz.

Eine nachhaltige Verkehrswende erfordert deshalb mehr als den so oft genannten Austausch von Verbrennungsmotoren durch elektrische Antriebe. Sie braucht ein integriertes, datenbasiertes und nutzerzentriertes Mobilitätssystem, das technologische Innovation, ökologische Effizienz, ökonomische Tragfähigkeit und soziale Gerechtigkeit miteinander verbindet. Neue Mobilitätskonzepte – wie On-Demand-Verkehre, autonome Fahrzeugflotten, intelligente Infrastrukturen und datengetriebene Services – fungieren dabei als zentrale Enabler dieser Transformation.

Genau hier setzen zwei Forschungsinstitute der Universität Paderborn an: der **SICP – Software Innovation Campus Paderborn** und das **Heinz Nixdorf Institut**. Gemeinsam bilden sie den Hub Nord im Transformationshub DiSerHub.

Der SICP widmet sich insbesondere im Rahmen des Innovationsbereichs Seamless Mobility den sozio-technischen Herausforderungen der Verkehrswende. Im Zentrum steht die Frage, wie sogenannte Enabling-Technologien – etwa Künstliche Intelligenz, digitale Plattformen, das Internet der Dinge sowie Edge- und Cloud Computing – als Treiber und Vernetzer einer neuen Mobilität wirken können. Dabei geht es nicht nur um technologische Innovationen, sondern auch um das Verständnis des Zusammenspiels von Technik, Mensch und Gesellschaft: Wie können digitale Systeme das Mobilitätsverhalten verändern, die Akzeptanz neuer Verkehrslösungen fördern und so den Übergang zu einem nachhaltigen, integrierten Verkehrssystem beschleunigen?

Das Heinz Nixdorf Institut hingegen legt den Forschungsschwerpunkt auf intelligente technische Systeme. Diese zeichnen sich durch Anpassungsfähigkeit, Robustheit und Ressourceneffizienz aus und kommen u.a. in der Informations- und Kommunikationstechnik, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Verkehrstechnik und der Elektrotechnik zum Einsatz. Der interdisziplinäre Ansatz des HNI ermöglicht es, diese Systeme ganzheitlich zu denken und die vorhandenen Synergien für die Entwicklung der entsprechenden Methoden und Technologien zu nutzen.

All diese Ansätze für die Transformation der Mobilität spiegeln sich in den Beiträgen dieses Magazins wider: In den folgenden Kapiteln beleuchten wir aus unterschiedlichen Perspektiven anhand zehn konkreter Lösungen der Universität Paderborn bzw. unserer Partner, wie die Transformation der Mobilität vorangetrieben werden kann. Die vorgestellten Enabler reichen von der Entwicklung nachhaltiger On-Demand-Mobilitätslösungen, über intelligente Fahrzeuge und Infrastrukturen, datengetriebene Dienstleistungen bis hin zu partizipativen Gestaltungsprozessen für eine nachhaltige Verkehrswende. Dabei gehen die Enabler weit über das reine Transportwesen hinaus – sie verbinden Mobilität mit Energie, Digitalisierung, Datenmanagement und Infrastrukturplanung und können so die Grundlage für eine integrierte Verkehrswende schaffen.



6

6 Neue Mobilitätskonzepte als Enabler einer nachhaltigen Verkehrswende

- 8 Top 1 Enabler: NeMo.bil
- 10 Top 2 Enabler: Sunglider

11 Energie- und Mobilitätswende gemeinsam denken

- 13 Top 3 Enabler: Intelligente Ladeinfrastruktur: Wie KI den Ausbau der Elektromobilität wirtschaftlich macht



11

Impressum

Zukunft in Bewegung – 10 Enabler für die Transformation der Mobilität in städtischen und ländlichen Räumen · DiSerHub Top 10 Magazin · Heft 3 · Projekt DiSerHub – FIR e. V. an der RWTH Aachen · Campus-Boulevard 55 · 52074 Aachen · E-Mail: projekt-DiSerHub@fir.rwth-aachen.de · diserhub.de · DOI: <http://dx.doi.org/10.17619/UNIPB/1-2460>

Design/Satz: FIR e. V. an der RWTH Aachen

Autor*innen: Alina Mücke, Prof. Dr. Daniel Beverungen, Dr.-Ing. Tobias Hardes, Christopher Lüke, Prof. Dr. Henning Meschede, Till Schlieff, Prof. Dr. Kirsten Thommes, Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler, Prof. Dr. Thomas Tröster

Konzept und Redaktion: SICP - Software Innovation Campus Paderborn

Bildnachweise: Titelbild, S. 1: © Thanapon – stock.adobe.com; S. 2-3: © Viktor – stock.adobe.com; S. 4, S. 6: © Neue Mobilität Paderborn e. V.; S. 4, S. 11: © visoot – stock.adobe.com; S. 12-13: © ellinanova – stock.adobe.com; S. 5, S. 14-15: © Monmeo – stock.adobe.com; S. 17: © Zaldy – stock.adobe.com; S. 19: © Useful Items – stock.adobe.com; S. 5, S. 20-21: © sa-photo – stock.adobe.com; S. 23: © White – stock.adobe.com; S. 25: © Nata – stock.adobe.com; S. 27-28: © atipong – stock.adobe.com; S. 30-31: © PaulShlykov – stock.adobe.com



Open Access: Diese Veröffentlichung wird unter der Creative-Commons-Lizenz „CC BY-SA – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0)“ (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>) veröffentlicht.

Zuwendungsgeber:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 16THB0004A
Laufzeit: 01.09.2022 – 31.12.2025

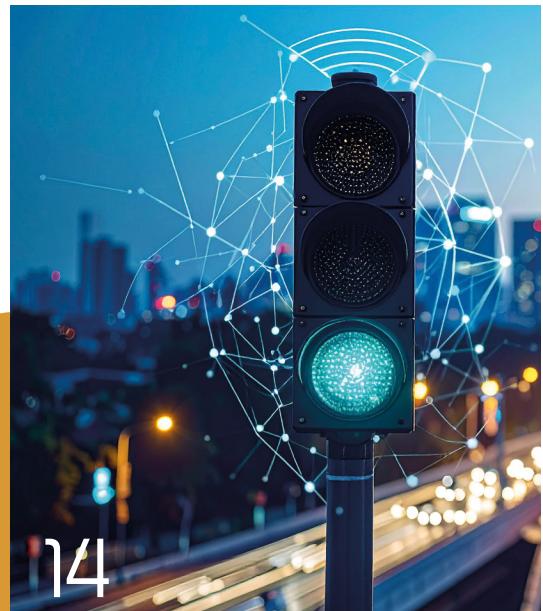
Projekträger:



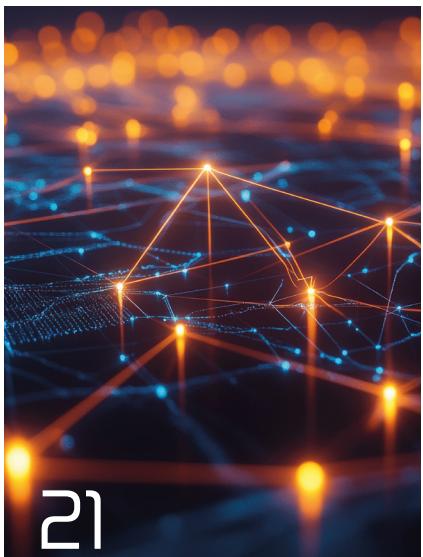
VDI / VDE Innovation + Technik GmbH

14 Vehicle-2-X als Basis für intelligente Verkehrslösungen

- 16 Top 4 Enabler: Intelligente Lichtsignalanlagen
- 18 Top 5 Enabler: Digitale Zwillinge
- 19 Top 6 Enabler: Platooning



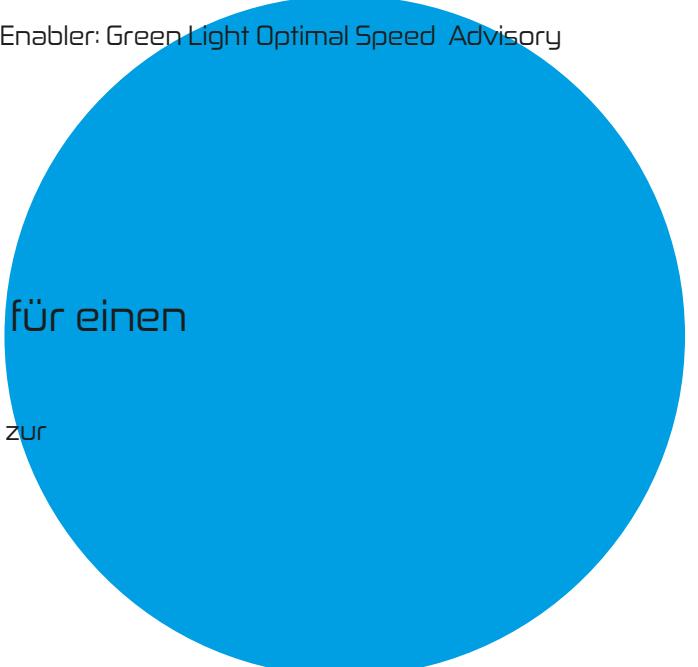
14



21

21 Daten als Schlüssel für die Mobilität von morgen

- 22 Top 7 Enabler: Datenräume
- 24 Top 8 Enabler: Predictive Maintenance
- 26 Top 9 Enabler: Green Light Optimal Speed Advisory



27 Die Rolle der Nutzerzentrierung für einen emissionsarmen Güterverkehr

- 29 Top 10 Enabler: Intelligente Kommunikation zur Emissionsreduktion

30 Fazit

Neue Mobilitätskonzepte als Enabler einer nachhaltigen Verkehrswende



Mobilität ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Sie steht für Freiheit, Teilhabe und individuelle Lebensgestaltung. Doch unsere heutige Art, uns fortzubewegen, hat einen hohen Preis: Immer mehr Fahrzeuge und Fahrten belasten Umwelt und Ressourcen, während der Verkehr eine der größten Quellen von Treibhausgasemissionen bleibt. Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, braucht es eine tiefgreifende Transformation des Verkehrssektors – eine Mobilitätswende, die ökologisch, sozial und wirtschaftlich tragfähig ist.

Diese Wende umfasst mehr als die Umstellung auf elektrische Antriebe. Sie verlangt neue Konzepte und digitale Innovationen, die den Energiebedarf senken, Emissionen vermeiden und dennoch individuelle Mobilität ermöglichen. Während Großstädte zunehmend auf multimodale und datengetriebene Verkehrslösungen setzen, bleiben viele Regionen – sowohl urbane Mittelpunkte und insbesondere ländliche Räume – in traditionellen Strukturen gefangen. Gerade in ländlichen Regionen ist das Potenzial des öffentlichen Verkehrs bislang kaum ausgeschöpft. Geringe Bevölkerungsdichten, lange Wartezeiten, unflexible Taktungen und unzureichende Anbindung führen dazu, dass viele Menschen den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) als unattraktiv empfinden. Hinzu kommen soziale Aspekte: Fehlt der Zugang zu öffentlichen Verkehrsmitteln, sind insbesondere ältere Menschen, Personen mit Behinderung, Alleinerziehende oder Familien mit mehreren Kindern von gesellschaftlicher Teilhabe ausgeschlossen. Mobilität ist also auch eine Frage sozialer Gerechtigkeit.

Der motorisierte Individualverkehr dominiert daher weiterhin das Bild – und das mit erheblichen Ineffizienzen. Im Durchschnitt sitzen nur 1,5 Personen in einem Auto, das im Schnitt mehr als 1,6 Tonnen wiegt. Über 93 Prozent der transportierten Masse entfallen also nicht auf Menschen, sondern auf das Fahrzeug selbst. Gleichzeitig steht der Großteil der Pkw mehr als 23 Stunden pro Tag ungenutzt auf Parkplätzen und nimmt wertvollen Raum ein. Kurze Fahrstrecken, hoher Energieverbrauch und steigende Emissionen machen deutlich: So kann Mobilität auf Dauer weder ökologisch noch ökonomisch funktionieren.¹

Eine nachhaltige Verkehrswende erfordert daher ein Umdenken: Weg von der reinen Fahrzeugorientierung hin zu einem System, das Ressourcen effizient nutzt und flexibel auf die Bedürfnisse der Menschen reagiert.

Autor:
Prof. Dr. Thomas Tröster
 Maschinenbau, Inhaber der Fachgruppe Leichtbau im Automobil
 Universität Paderborn

Die zentrale Herausforderung besteht daher darin, effiziente, intelligente und skalierbare Systeme zu entwickeln, die Mobilität nicht länger linear, sondern systemisch denken – als Zusammenspiel von Infrastruktur, Energie, Digitalisierung und Nutzerverhalten.

Diese neuen Ansätze müssen zwei scheinbar gegensätzliche Welten verbinden: die hohe Flexibilität individueller Mobilität und die Systemeffizienz des öffentlichen Verkehrs. Technisch bedeutet das: autonome, vernetzte und energieeffiziente Fahrzeuge, die in kooperativen Netzwerken agieren. Organisatorisch verlangt es neue Geschäftsmodelle, die Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und sozialen Nutzen vereinen. Und gesellschaftlich braucht es eine klare Neuordnung des Verhältnisses zwischen privater und öffentlicher Mobilität.

Mit **NeMo.bil** entsteht ein On-Demand-Mobilitätssystem, das die Lücke zwischen Individualverkehr und klassischem ÖPNV im ländlichen Raum schließt. Das Ziel der 20 Projektpartner – darunter auch die Universität Paderborn und der SICP - Software Innovation Campus Paderborn – ist es, ein intelligentes Mobilitätssystem zu entwickeln, in dem autonome Fahrzeuge, Wasserstofftechnologie und digitale Plattformen zusammenspielen, um Mobilität bedarfsgerecht, effizient und CO₂-neutral zu gestalten.

¹ S. OSTERMANN, M. ET AL. 2023



Abbildung 1: NeMo.bil-Konvoi bestehend aus einem NeMo.Pro und drei NeMo.Cabs [© INYO Mobility]

Top 1 Enabler: NeMo.bil

Die Herausforderung

Wie bereits erwähnt stehen ländliche Räume in Deutschland vor einer wachsenden Mobilitätslücke. Während Städte ihre öffentlichen Verkehrssysteme stetig ausbauen, sind viele Gemeinden außerhalb urbaner Zentren schlecht angebunden. Buslinien verkehren selten, Anschlusszeiten sind unzuverlässig, und insbesondere abends oder am Wochenende besteht häufig gar kein Angebot. Diese Defizite haben dazu geführt, dass der motorisierte Individualverkehr im ländlichen Raum nahezu alternativlos ist – mit allen bekannten Folgen: steigende CO₂-Emissionen, überlastete Straßen, soziale Exklusion für Menschen ohne eigenes Fahrzeug und eine zunehmende Abhängigkeit von fossilen Energieträgern.

Das bestehende ÖPNV-System ist auf solche Bedingungen nicht ausgelegt. Klassische Linienverkehre mit starren Routen und Fahrplänen sind in dünn besiedelten Regionen weder wirtschaftlich noch ökologisch tragfähig. Hinzu kommt: Betreiber kämpfen mit Fachkräftemangel, hohe Energiekosten gefährden die Wirtschaftlichkeit, und der politische Rahmen setzt kaum Anreize für innovative, flexible Lösungen. Der ländliche Raum wird dadurch zum weißen Fleck der Verkehrswende.

Neben der infrastrukturellen Dimension ist auch die technologische Herausforderung erheblich. Autonome und elektrisch betriebene Fahrzeuge bieten theoretisch die Möglichkeit, Mobilität effizienter, leiser und klimaneutral zu gestalten, doch bisher mangelt es an praktikablen Gesamtsystemen, die diese Technologien sinnvoll miteinander verbinden. Das

zentrale Problem ist daher nicht das Fehlen einzelner Komponenten, sondern das Zusammenspiel: Wie kann man eine Flotte aus autonomen Fahrzeugen so koordinieren, dass sie sich dynamisch den Bedürfnissen der Nutzenden anpasst, ohne die Kosten explodieren zu lassen?

Die Lösung

Das Forschungsprojekt NeMo.bil adressiert genau diese Herausforderung und entwickelt ein neuartiges, schwarmba siertes On-Demand-Mobilitätssystem, das den öffentlichen Nahverkehr im ländlichen Raum revolutionieren soll. Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz mit mehr als 18 Millionen Euro, arbeiten 20 Partner aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung gemeinsam daran, ein System zu schaffen, das flexibel, effizient und ressourcenschonend zugleich ist.

Kern des Ansatzes ist ein kooperatives Mobilitätskosystem aus zwei Fahrzeugtypen: den elektrisch betriebenen, autonomen NeMo.Cabs und dem wasserstoffbetriebenen Leitfahrzeug NeMo.Pro. Mehrere Cabs können sich während der Fahrt zu einem Konvoi zusammenschließen, den der NeMo.Pro führt – ähnlich einem digitalen Schwarm. Konkret soll das Schwarmssystem so aussehen: Fahrgäste geben über eine App ihr Ziel an und fordern ein NeMo.Cab an. Dieses sehr leichte Elektrokleinfahrzeug holt sie zu Hause ab und steuert autonom einen virtuellen Knotenpunkt an. Dort schließt es sich mit weiteren Cabs, die aus anderen Richtungen kommen, zu einem Konvoi zusammen. Dieser Konvoi wird von einem größeren, ebenfalls autonom fahrenden Fahrzeug (NeMo.Pro) gezogen. Im Konvoi bzw. Schwarm legen die Kleinfahrzeuge und das Pro längere Überlandstrecken zurück und können höhere Reichweiten und Geschwin-

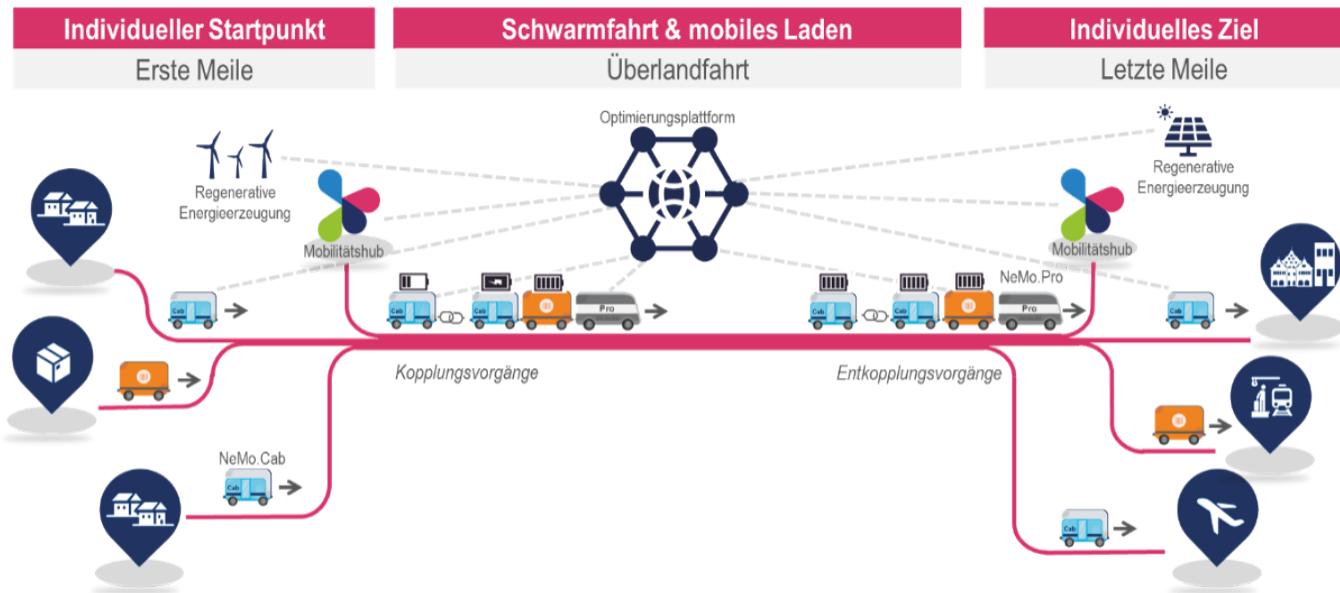


Abbildung 2: Konzeptionelle Darstellung des NeMo.bil-Systems [© Neue Mobilität Paderborn e. V.]

digkeiten erzielen. Das NeMo.Pro wird mit Wasserstoff betrieben und dient gleichzeitig als mobile Ladestation für die Cabs, die während der gekoppelten Fahrt aufgeladen werden können. Für die „letzte Meile“ koppeln sich die Caps wieder vom Konvoi ab, um schließlich die individuellen Ziele zu erreichen.

Das synergetische Zusammenspiel der verschiedenen Fahrzeugkomponenten verfolgt das Ziel, eine bisher nicht erreichte energetische Effizienz im Bereich der Mobilität zu realisieren und die Verfügbarkeit der batterieelektrischen Cabs deutlich zu erhöhen.²⁵

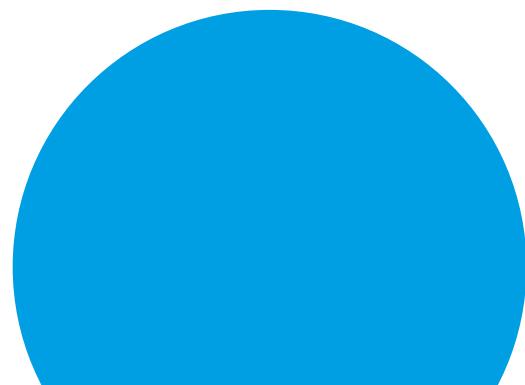
Diese Idee des „konvoibasierten On-Demand-Verkehrs“ überträgt Prinzipien aus dem Güterverkehr (Platooning) erstmals auf den Personenverkehr. Gleichzeitig wird das gesamte System über eine digitale Plattform gesteuert, die auf offenen Standards wie FIWARE und Gaia-X basiert. Das gewährleistet Interoperabilität mit anderen Mobilitäts- und Energiesystemen. Nutzende, Betreibende, Fahrzeuge und Infrastruktur sind in Echtzeit vernetzt – ein digitaler Zwilling des Gesamtsystems ermöglicht Simulation, Steuerung und Optimierung.

Darüber hinaus verfolgt NeMo.bil ein umfassendes Validierungskonzept. In mehreren Phasen werden Testfahrzeuge eingesetzt, um Technik, Akzeptanz und Nutzerverhalten zu erproben. Bürgerinnen und Bürger der Mitgliedskommunen des Vereins Neue Mobilität Paderborn e.V. werden aktiv eingebunden, um Anwendungsszenarien realitätsnah zu definieren. Das schafft Transparenz, Akzeptanz und ermöglicht frühzeitige Rückkopplung an die Entwicklerteams.

Am Ende der Projektlaufzeit Mitte 2026 soll ein vollständig funktionsfähiger Prototyp entstehen, inklusive digitaler Bu-

chungsplattform, autonomer Fahrzeugsteuerung und erprobtem Schwarmbetrieb. Ergänzend dazu werden Geschäftsmodelle entwickelt, die sowohl wirtschaftlich tragfähig als auch sozial gerecht sind. So könnte NeMo.bil langfristig als Blaupause für zukunftsfähige Mobilitätssysteme in strukturschwachen Regionen dienen: bedarfsgerecht, emissionsfrei und digital gesteuert.

²⁵ OSTERMANN, M. ET AL. 2023 B



Top 2 Enabler: Sunglider

Die Herausforderung

Der öffentliche Nahverkehr in Deutschland steht vor einem fundamentalen Umbruch – und zugleich vor einem Stillstand. Während Metropolen zunehmend in nachhaltige Verkehrslösungen investieren, kämpfen mittelgroße Städte – sogenannte Mezzopolen – mit massiven strukturellen Defiziten. Jahrzehntelang wurde auf automobile Erreichbarkeit statt auf effiziente Nahverkehrsnetze gesetzt. Das Resultat: überlastete Straßen, hohe Emissionen, ineffiziente Liniennetze und ein ÖPNV, der für viele Bürgerinnen und Bürger weder attraktiv noch bezahlbar ist.

Selbst ehrgeizige Ausbaupläne stoßen an Grenzen. Klassische Verkehrsträger wie Bus und Bahn sind teuer im Aufbau, personalintensiv im Betrieb und nur schwer skalierbar. Die hohen Energiekosten verschärfen die Lage zusätzlich, ebenso wie der Fachkräftemangel bei Fahrerinnen und Fahrern. Subventionen sichern das System zwar kurzfristig, verhindern aber echte Innovationen. Politisch ist der Transformationsdruck groß, doch die Lösungsansätze bleiben meist inkrementell – neue Buslinien, bessere Taktungen, aber kein struktureller Neuanfang.

Gleichzeitig verändern sich die Anforderungen an städtische Mobilität radikal. Bürgerinnen und Bürger erwarten flexible, klimaneutrale und komfortable Lösungen, die individuell planbar und rund um die Uhr verfügbar sind. Der ÖPNV muss daher neu gedacht werden: als Teil eines vernetzten urbanen Gesamtsystems, das Mobilität, Energieversorgung und Stadtgestaltung integriert.

Die Lösung

Mit dem Sunglider entwickelt die SUNGLIDER AG aus Osnabrück ein Konzept, das genau diesen Paradigmenwechsel verkörpert – eine disruptive Neuinterpretation des ÖPNV für die Städte der Zukunft. Das System kombiniert eine leichte, hölzerne Übergrundtrasse („+1-Ebene“) mit vollständig autonomen, elektrisch betriebenen Metrofahrzeugen. Die Trasse wird durch integrierte Photovoltaikmodule energieautark und liefert sogar Überschüsse zurück ins Netz.³

Technisch und architektonisch folgt der Sunglider einem modularen Prinzip. Die Pylonenstruktur kann entlang bestehender Straßen schnell errichtet werden, ohne den Bodenverkehr zu beeinträchtigen. Alle 700 Meter befinden sich Haltestellen, die über autonome Shuttles mit der Umgebung verbunden sind. Damit verschmelzen Hoch- und Bodenverkehr zu einem durchgängigen Mobilitätssystem. Die Sunglider-Fahrzeuge fahren leise, emissionsfrei und im dichten Takt – eine Kombination aus Metrokomfort und On-Demand-Flexibilität.

Das Besondere: Der Sunglider ist nicht nur ein Verkehrssystem, sondern ein eigenständiges wirtschaftliches Ökosystem. Durch die vollständige Energieautarkie senkt das System die Betriebskosten drastisch. Additive Fertigung, lokale Mikrofabriken und ein vollständig recycelbares Fahrzeugdesign reduzieren Investitions- und Wartungskosten. Dank KI-basierter Steuerung lassen sich Taktfrequenzen automatisch an Nachfrage und Tageszeit anpassen, was Leerfahrten minimiert.

Finanziell verfolgt der Sunglider ein einzigartiges Konzept: Statt Fahrkartenverkauf erwirtschaftet das System Einnahmen durch den Handel mit überschüssigem Solarstrom, CO₂-Zertifikaten und logistischen Zusatzdiensten wie Pakettransport. Damit wird ein „schwarzer Nulltarif“ möglich – ein ÖPNV, der sich selbst trägt und zugleich kostenfreie Nutzung ermöglicht.⁴

Auch städtebaulich entfaltet das System Wirkung. Die Xylo-Solar-Trasse fungiert als architektonisches Rückgrat urbaner Räume: begrünt, beleuchtet, mit Wasserläufen und Aufenthaltszonen integriert sie sich harmonisch in das Stadtbild. Der „flüsternde ÖPNV“ reduziert Lärm, verbessert die Luftqualität und schafft neue, lebenswerte Stadträume.⁵

Im Ergebnis entsteht weit mehr als eine neue Verkehrsinfrastruktur: Der Sunglider steht für ein gesamtheitliches, wirtschaftlich tragfähiges und klimaneutrales Mobilitätsmodell. Er verknüpft Energieproduktion, automatisierten Nahverkehr und urbane Architektur in einem System, das sowohl ökologisch als auch ökonomisch überzeugt – ein konkretes Beispiel dafür, wie disruptive Innovation aus Deutschland den ÖPNV neu erfinden kann.



Autor:

Dr.-Ing. Tobias Hardes
Kompetenzbereichsmanager
"Digitale Infrastrukturen"

SICP – Software
Innovation Campus
Paderborn

³s. SUNGLIDER AG

⁴s. GEHRL, M. 2022

⁵s. RICHTER, R., PETERSSON, J.

Energie- und Mobilitätswende gemeinsam denken

Ungefähr ein Drittel des deutschen Endenergiebedarfs wird durch den Verkehrssektor verursacht. Davon fällt ein großer Teil auf den motorisierten Individualverkehr. Noch dominieren Verbrennungsmotoren, die mit Diesel und Benzin betrieben werden. Doch diese Art der Mobilität muss sich zukünftig ändern, damit wir unsere Klimaziele erreichen können.



Naheliegende Lösungen setzen auf eine Antriebswende – also dem Tausch der fossil betriebenen Verbrennungsmotoren mit Antriebssträngen, die nachhaltige Energieträger verwenden. In der Diskussion stehen batterieelektrische Fahrzeuge und Wasserstoffantriebe. Mit Blick auf die Effizienz liegen rein batterieelektrische Fahrzeuge klar vor dem wasserstoffbasierten Antrieb – und noch deutlicher vor dem klassischen Verbrenner.

Diese Antriebswende – sprich die Bereitstellung der erneuerbaren Energieträger Strom und Wasserstoff – hat aber auch Auswirkungen auf das Energiesystem, da beide Konzepte einen entsprechenden Energiebedarf und eine Infrastruktur benötigen.

Mit Blick auf das Energiesystem ergeben sich hier jedoch auch Vorteile durch die Elektrifizierung des Mobilitätssektors. Die volatile Erzeugung von erneuerbarem Strom aus Wind und Solar erhöht den Bedarf an Flexibilität und Speicherkapazitäten im Strom- bzw. Energiesystem. Und genau hier kommt der eigentliche Vorteil von batterieelektrischen Fahrzeugen zum Tragen, wenn die Fahrzeuge in Abhängigkeit des Dargebots von Wind und Sonne geladen werden und darüber hinaus in Zeiten von geringer Strombereitstellung von erneuerbarem Strom in das Netz zurück einspeisen. Bezogen auf die Anzahl von Fahrzeugen entsteht durch dieses Vehicle-to-Grid genannte Konzept ein enormer Schwarmspeicher, der das Stromsystem ressourceneffizient unterstützen kann.

Mit Blick auf Ressourcen ist eine reine Antriebswende jedoch nicht zielführend, da der motorisierte Individualverkehr sowohl Platz als auch Material beansprucht. Hier kommen weitere Konzepte wie ÖPNV oder Shared Mobility oder nicht motorisierte Mobilität zum Tragen, die deutlich ressourcen- und energieeffizienter gestaltet werden können. Egal, wie die Mobilitätswende technisch gestaltet wird, sie dient immer der Bedienung eines Mobilitätsbedürfnisses. Somit muss auch die Transformation von diesem Bedarf aus entwickelt werden und die technische Gestaltung der Mobilität gemeinsam mit der technischen Gestaltung eines übergeordneten Energiesystems gedacht werden.



Autor:

**Prof. Dr. Henning
Meschede**

Leiter

Energiesystemtechnik

Universität
Paderborn



Top 3 Enabler: Intelligente Ladeinfrastruktur: Wie KI den Ausbau der Elektromobilität wirtschaftlich macht

Die Herausforderung

Die Elektromobilität wächst rasant – doch der Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur bleibt eine der größten Herausforderungen der Verkehrswende. Neben technischen und regulatorischen Fragen steht vor allem die Wirtschaftlichkeit von Standorten im Mittelpunkt: Ladesäulen lohnen sich nur dort, wo sie auch regelmäßig genutzt werden. Für Energieversorger, Betreiber und Kommunen stellt sich damit die gleiche Frage: Wo entstehen Ladepunkte, die wirklich gebraucht werden – und nicht ungenutzt bleiben?

Die klassische Standortplanung stößt hier an ihre Grenzen. Während in Innenstädten und entlang der Autobahnen bereits eine hohe Dichte an Ladepunkten besteht, fehlen geeignete Konzepte für Wohnquartiere, Gewerbeblächen und ländliche Regionen. Gleichzeitig sind Kommunen verpflichtet, auch in weniger lukrativen Lagen eine Grundversorgung sicherzustellen – oft ohne belastbare Datengrundlage und mit hohem wirtschaftlichem Risiko. Fehlentscheidungen führen schnell zu Fehlinvestitionen, unausgelasteten Ladesäulen und damit zu einem stockenden Ausbau.

Die Lösung

Die ladeplan GmbH, entstanden im Gründungszentrum Garage33 der Universität Paderborn, hat genau hier angesetzt. Das Start-up entwickelt eine KI-gestützte Analyseplattform, die Standortentscheidungen datenbasiert und wirtschaftlich fundiert ermöglicht. Sie verarbeitet europaweit Informationen zu über 220.000 Ladepunkten und kombiniert diese mit Kontextdaten zu Verkehrsströmen, Nutzerverhalten, Aufenthaltsqualität und sozioökonomischen Faktoren. Auf dieser Basis bewertet der Algorithmus automatisch das Potenzial einzelner Standorte – und zeigt, wo Ladeinfrastruktur ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich tragfähig errichtet werden kann.

Die Lösung geht dabei bewusst über klassische Innenstadtlagen hinaus: ladeplan berücksichtigt gezielt Wohngebiete, Pendlerachsen und ländliche Regionen, in denen Ladepunkte für die Akzeptanz der Elektromobilität entscheidend sind. Kommunen und Stadtwerke können so fundiert planen, statt auf Schätzwerte oder Zufall zu setzen. Das Ergebnis: höhere Auslastung, geringeres Investitionsrisiko und eine gerechtere Verteilung von Ladeangeboten.

Seit Mai 2025 ist ladeplan Teil der RetailSonar-Gruppe, einem führenden belgischen Geomarketing-Unternehmen, das auf Standortanalytik und datengetriebene Entscheidungsunterstützung spezialisiert ist. Gemeinsam bündeln beide Unternehmen ihre Expertise in der Lösung „ChargePlanner“, die den europäischen Markt für Ladeinfrastruktur neu definiert. Durch die Verbindung von RetailSonars präziser Standort- und Kundenfrequenzanalyse mit ladeplans KI-basiertem Infrastrukturbewertungsmodell entsteht ein einzigartiges Werkzeug für Energieversorger, Kommunen und Handelsunternehmen.⁶

Das gemeinsame Ziel: den Übergang zur emissionsfreien Mobilität durch intelligente Planung zu beschleunigen – pragmatisch, wirtschaftlich und europaweit.

Autor:

Till Schlief

Commercial Director
ChargePlanner DACH

RetailSonar

Vehicle-2-X als Basis für intelligente Verkehrslösungen

S taufrei und ohne Ampelhalte durch die Stadt gleiten und auf dem Weg zur Arbeit schon die ersten E-Mails beantworten – oder doch lieber erstmal die Zeitung lesen? Um diese Vision Wirklichkeit werden zu lassen, benötigen wir intelligente Verkehrsmanagementsysteme und autonome Fahrzeuge, die im besten Fall miteinander kommunizieren oder sogar kooperieren.

Stellen wir uns eine Welt vor, in der Fahrzeuge in der Lage sind, potenzielle Gefahren sofort zu erkennen und Fahrende rechtzeitig zu warnen. Dank Vehicle-2-X-Kommunikation können Autos Informationen über plötzliche Bremsmanöver, Unfälle in der Nähe oder sich nähernde Einsatzfahrzeuge austauschen. Eine signifikante Reduzierung von Verkehrsunfällen wäre die Folge.

Doch sind solche Systeme lediglich eine spannende Vision für die Zukunft der Mobilität? Ca. 1 Mio. Fahrzeuge sind bereits heute mit entsprechender Technik ausgerüstet. Initiativen und Pilotprojekte gibt es in mehr als 50 europäischen Städten. Gemeinsam schaffen sie die Grundlage für intelligente, sichere und umweltfreundliche Verkehrslösungen, die den individuellen Bedürfnissen der Nutzenden gerecht werden und dabei gleichzeitig die Umweltbelastung des Verkehrssektors reduzieren.

Wie allerdings jeder von uns im alltäglichen Straßenverkehr feststellen kann, sind bis zur flächendeckenden Verbreitung von V2X-Systemen noch einige Entwicklungsschritte zu gehen. Eine wichtige Rolle spielen dabei sicherlich die Entscheider:innen in den Ländern, Städten und Kommunen. Ganz wesentlich jedoch ist die Leistung der Ingenieurinnen und Ingenieure, um die entsprechenden technischen Grundlagen zu entwickeln.

Bevor das Kapitel mit einem Beitrag zum automatisierten Kolonnenfahren, dem sog. Platooning, abgerundet wird, sollen an dieser Stelle zwei Aspekte beleuchtet werden, die wesentlich für den autonomen und vernetzten Verkehr der Zukunft sind:

Eine wichtige Rolle kommt in diesem Technologiefeld den intelligenten Lichtsignalanlagen zu. Diese Systeme sind in der Lage, den Verkehr in Echtzeit zu analysieren und flexibel zu steuern, um Staus zu minimieren, Emissionen zu senken und die Sicherheit zu erhöhen. Um sie zu entwickeln, sind digitale Zwillinge mittlerweile nicht mehr wegzudenken. Eine simulative Absicherung der Funktionalität ist entscheidend bei solch sicherheitskritischen Technologien und daher nicht zuletzt auch für die erfolgreiche Einführung autonomer Fahrzeuge von großer Bedeutung.

Autor:

Prof. Dr.-Ing. habil.

Ansgar Trächtler

Inhaber der Fachgruppe
Regelungstechnik und
Mechatronik

Universität Paderborn /
Heinz Nixdorf Institut



Top 4 Enabler: Intelligente Lichtsignalanlagen

Die Herausforderung

Hohes Fahrzeugaufkommen und stockender Verkehr im städtischen Verkehrsraum verursachen Schadstoff- und Lärmemissionen. Lokale Fahrverbote senken zwar kurzfristig die Emissionen vor Ort, lösen aber nicht dauerhaft das Problem. Vor dem Hintergrund der prognostizierten Zunahme der täglichen Pendelstrecken im städtischen Raum um 23,2 % bis 2035, angesichts des beschlossenen EU-weiten Verbrennerverbots ab 2035 und infolge des wachsenden Drucks auf Städte, ihre Emissionen zu senken, steht die effiziente und umweltfreundliche Verkehrssteuerung im Mittelpunkt vieler Diskussionen. Technologien der digitalen Verkehrsinfrastruktur werden als Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) bezeichnet. Sie stellen einen entscheidenden Faktor für die Mobilität der Zukunft dar. Sie ermöglichen eine bidirektionale Kommunikation zwischen Fahrzeugen, Verkehrsinfrastruktur und Nutzenden. Diese Systeme erfassen und teilen Echtzeitdaten mit dem Ziel, signifikante Verbesserungen in den Bereichen Verkehrssicherheit, Effizienz und Nachhaltigkeit zu erreichen. Um die Entwicklung weiter zu fördern, haben sich 18 europäische Staaten im C-ROADS-Netzwerk zusammengeschlossen.⁷

Die Lösung

Intelligente Lichtsignalanlagen sind in der Lage, den Verkehr in Echtzeit zu analysieren und flexibel zu steuern, um Staus zu minimieren, Emissionen zu senken und die Sicherheit zu erhöhen. Sensoren wie Kameras, Induktionsschleifen oder Radarsysteme erfassen dabei kontinuierlich Informationen über den Verkehrsfluss, Fahrzeugdichten, Geschwindigkeiten und Fußgängerverhalten. Diese Daten werden in Echtzeit analysiert, um bspw. Verkehrsströme optimal zu steuern und Wartezeiten zu minimieren. Die intelligente Lichtsignalanlagen (LSA)-Regelung ist dabei das Herzstück intelligenter Ampelanlagen und sorgt dafür, dass die Ampelphasen flexibel und dynamisch an die aktuelle Verkehrslage angepasst werden. Statt starr nach einem festgelegten Zeitplan zu schalten, können intelligente LSA die Grün- oder Rotphasen in Echtzeit ändern, um den Verkehrsfluss zu verbessern.

Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen zur LSA-Regelung, die das Ziel verfolgen, den Verkehrsfluss effizienter zu gestalten und Staus zu verringern. Zu den klassischen Methoden gehören adaptive Signalsteuerungssysteme wie SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) und SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique). Diese Systeme analysieren kontinuierlich den Verkehr mithilfe von Sensoren und passen die Signalphasen dynamisch an die aktuelle Verkehrslage an. Dadurch können LSAs flexibel reagieren, um Staus zu vermeiden und den Verkehrsfluss zu optimieren. SCATS wird in über 150 Städten weltweit eingesetzt und hat sich als effiziente Lösung für stark befahrene urbane Gebiete etabliert.

Ein weiterer Ansatz der verkehrsabhängigen Steuerung, bei der LSAs auf die Anzahl der wartenden Fahrzeuge reagieren, wurde im Pilotprojekt Schlosskreuzung prototypisch umgesetzt. Über Sensoren wie Kameras, Induktionsschleifen oder Radarsysteme wurden Daten erfasst, sodass die Grünphasen entsprechend der tatsächlichen Verkehrssituation angepasst werden konnten. Diese Art der Steuerung bietet besonders an weniger frequentierten Kreuzungen Vorteile, indem unnötige Stillstandzeiten reduziert werden. Im Projekt konnten u.a. signifikante Ersparnisse der Wartezeit von 13% erreicht werden. Dazu wurden Messsysteme und deren Kommunikationsschnittstellen weiterentwickelt, um eine Klassifizierung sowie Verhaltensinspiration der Verkehrsteilnehmenden und das Erkennen von Pulk-Bildungen zu ermöglichen. Diese Informationen flossen in einen innovativen Verkehrsbeobachter, auf dessen Grundlage die Verkehrsflussregelung präventiv agieren konnte.⁸

⁷S. AUSTRIATECH

⁸S. STADT PADERBORN; S. RTB GMBH & CO. KG

Autor:

Christopher Lüke
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter

Universität Paderborn /
Heinz Nixdorf Institut

Schlussendlich spielen intelligente LSA zukünftig auch mit Blick auf autonome Fahrzeuge eine große Rolle und ebnen den Weg dieser neuen Technologie. Im Rahmen des Projekt TraCMAS wurden Methoden entwickelt und untersucht, die es erlauben, die Potenziale des sog. Mixed Autonomy Traffics zu erschließen. Die Sensoren autonomer Fahrzeuge sind in der Lage, die Verkehrslage in Echtzeit zu erfassen und präzise zu rekonstruieren. Durch die Nutzung dieses umfassenden Verkehrsbildes können sowohl autonome als auch konventionelle Fahrzeuge über die aktuelle Verkehrssituation informiert werden. Zur Erhöhung des Verkehrsflusses können autonome Fahrzeuge beitragen, indem sie z.B. den von einem Verkehrsmanagementsystem errechneten optimalen Geschwindigkeiten folgen oder alternative Routen

wählen, um stark frequentierte Knotenpunkte zu umfahren. Das übergeordnete Ziel besteht darin, eine optimale Führung durch das Straßennetz zu gewährleisten und so kritische Verkehrsknoten zu entlasten. In Kombination mit der Vehicle-2-X-Kommunikationstechnologie, die den Austausch von Informationen zwischen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur ermöglicht, eröffnen sich vielversprechende Perspektiven zur Erfassung und Beeinflussung der bestehenden Verkehrssituation.⁹

⁹s. UNIVERSITÄT PADERBORN / HEINZ NIXDORF INSTITUT 2025



Top 5 Enabler: Digitale Zwillinge

Die Herausforderung

Die Entwicklung des automatisierten Fahrens steht und fällt mit der vollständigen Funktionalität der Sensoren und Sensorsysteme in modernen Fahrzeugen. Aktuelle Assistenzsysteme – von automatischem Fernlicht über Fahrspurerkennung bis hin zu Einpark- und Stauassistenten – setzen auf eine Vielzahl von Sensoren, darunter Kameras, Lidar-, Ultraschall- und Radarsysteme. Doch trotz dieser technologischen Fortschritte gibt es Herausforderungen: Die Effektivität dieser Systeme ist nicht unter allen Umweltbedingungen gewährleistet.

Für den Erfolg autonomer und vernetzter Fahrzeuge sind effiziente Entwicklungsprozesse notwendig, denn nur so können die komplexen Hard- und Software-Architekturen bereits in frühen Entwicklungsphasen besser beurteilt werden. Simulationsbasierte Ansätze sind daher entscheidend für eine schnelle Markteinführung neuer Technologien, die zunehmend in den Alltag des Straßenverkehrs Einzug halten. Seit Juli 2024 sind in der EU bereits zehn Fahrerassistenzsysteme verpflichtend für Neuzulassungen, wie z.B. Notbrems- und aktive Spurhalteassistenten. Einen Schritt weiter, beim automatisierten Fahren, navigiert ein Fahrzeug eigenständig durch städtische Umgebungen und muss Kollisionen mit Fußgängern oder anderen Verkehrsteilnehmern in verschiedenen Situationen vermeiden.

Die Lösung

Durch den Einsatz eines digitalen Zwillinges, der ein realistisches Abbild der Realität in einer Simulation darstellt und auf physikalisch korrekten Berechnungen beruht, können präzise virtuelle Testfahrten durchgeführt werden. Digitale Zwillinge beschreiben das explizierte Wissen eines technischen Systems mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad; sie entstehen beim Systementwurf und dienen zur rechnergestützten Konzipierung und Auslegung des Systemverhaltens, zur Spezifikation von Komponenten wie Aktoren und Sensoren, und sind die Grundlage für einen systematischen Regelungs- und Steuerungsentwurf. Auch in der Betriebsphase werden dynamische Modelle eingesetzt, wie z.B. bei der Zustands- oder Parameterschätzung, als virtuelle Sensoren oder zur Zustandsprädiktion.

Das Projekt RoSSHAF zielt darauf ab, die Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen für hochautomatisiertes Fahren zu erhöhen. Dieses umfasst den Einsatz hochauflösender Sensoren wie Radar, Lidar, Ultraschall und 3D-Kameratechnik, die unter widrigen Umwelteinflüssen getestet werden, um ihre Leistungsfähigkeit zu bewerten. Durch Simulationsmodelle, die Schlechtwetterbedingungen wie Nebel, Regen und Schnee nachbilden, können kostengünstige und umfangreiche Tests bereits in den frühen Entwicklungsphasen durchgeführt werden.¹⁰

Zum Einsatz kamen sensorrealistische Visualisierungs- und Simulationsumgebungen, welche die Abdeckung zahlreicher Use Cases wie das Debugging von Software durch wiederholbare Fahrsituationen, die Homologation von Fahrfunktionen durch generierte Testszenarien oder die Validierung von Sensormodellen ermöglichen. Für Forschung und Lehre bieten sich Open Source Simulationsumgebungen wie CARLA oder SUMO an.¹¹

Weitere Einsatzmöglichkeiten digitaler Zwillinge ergeben sich bei der Entwicklung innovativer Scheinwerferfunktionen. Die zunehmende Komplexität und Multifunktionalität moderner Kraftfahrzeugscheinwerfersysteme macht den traditionellen Entwicklungsprozess, der auf physischen Prototypen basiert, aus wirtschaftlicher Sicht suboptimal. Im Projekt Smart Headlamp Technology wurde ein optimierter, simulationsbasierter Entwicklungsprozess etabliert, um ein konsistentes Gesamtbild des Systems zu erhalten.¹²

Ein Schwerpunkt liegt auf der modellbasierten Entwicklung und Bewertung hochauflösender Scheinwerferlichtfunktionen durch virtuelle Testfahrten. Der simulative Ansatz ermöglicht es, relevante Systemfunktionen bereits früh im Entwicklungsprozess zu analysieren und zu optimieren, ohne teure physische Prototypen erstellen zu müssen. Unterstützt wurde dieser Ansatz durch einen Hardware-in-the-Loop-Prüfstand in einem Lichtkanal, der einen Hexapoden nutzt, um die simulierten Fahrzeubewegungen auf ein reales Scheinwerfersystem zu übertragen. Dadurch können lichttechnische Einflussgrößen exakt abgebildet und bewertet werden. Dies ist auch für die Betrachtung einer nachhaltigen Nutzung von Scheinwerfersystemen durch energieoptimale Beleuchtungsstrategien nützlich, wie sie im Projekt NALYSES erforscht werden.¹³

¹⁰S. TECHNISCHE INFORMATIONSBIBLIOTHEK 2025

¹¹S. CENTRE DE VISIÓ PER COMPUTADOR; S. DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

¹²S. FRAUNHOFER IEM

¹³S. BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG, TECHNOLOGIE UND RAUMFAHRT

Autor:

Christopher Lüke
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter

Universität Paderborn /
Heinz Nixdorf Institut



Autor:

Dr.-Ing. Tobias Hardes
Kompetenzbereichsmanager
"Digitale Infrastrukturen"

SICP – Software
Innovation Campus
Paderborn

Top 6 Enabler: Platooning

Die Herausforderung

Städtische und ländliche Mobilitätsysteme stehen heute unter massivem Druck: steigende Emissionen, zunehmende Unfallzahlen und chronische Überlastung der Straßeninfrastruktur. Der klassische Ansatz zur Verbesserung dieser Probleme basiert jedoch fast ausschließlich auf der individuellen Fahrleistung – mit all ihren bekannten Schwächen wie menschlicher Reaktionsverzögerung, ineffizientem Brems- und Beschleunigungsverhalten sowie ungenutztem Straßenraum durch die notwendigen, großen Sicherheitsabstände. Besonders im Güterverkehr führt dies zu erhöhtem Treibstoffverbrauch und hohen Betriebskosten. Gleichzeitig verhindert der Fachkräftemangel in der Transportbranche die dauerhafte Einführung individueller Schulungen oder komplexer Fahrerassistenzlösungen.

Obwohl Ansätze wie Elektromobilität oder Shared Mobility punktuell helfen, fehlt es an Lösungen, die systemisch wirksam und gleichzeitig kurzfristig realisierbar sind – insbesondere im Bestand.

Die Lösung

Platooning meint ein kooperatives (voll autonomes und vernetztes) Fahren mehrerer Fahrzeuge in einem Konvoi. Fahrzeuge in einem Platoon fahren mit minimalem Abstand zueinander, der selbst auf einer Autobahn nur weniger Meter beträgt. Die Abstände zueinander und die Geschwindigkeit werden unter den Fahrzeugen selbst koordiniert, indem lokale Sensordaten und Fahreigenschaften drahtlos mit allen anderen Fahrzeugen im Platoon geteilt werden. Dieses Konzept reduziert nicht nur den menschlichen Fehleranteil, sondern bringt gleich mehrere systemische Vorteile mit sich:¹⁴

Verbesserte Straßenauslastung:

Während menschliche Fahrer Sicherheitsabstände von mehreren Metern einhalten müssen, kann ein Fahrzeugver-

¹⁴ S. HARDES, T. 2025

band im Platoon mit wenigen Metern Abstand selbst in Gefahrensituationen sicher fahren. Dies erhöht die Fahrzeudichte auf Straßen, ohne dass es zu Staus kommt. Dies macht sich insbesondere auf Hauptverkehrsadern wie Autobahnen, Landstraßen, aber auch an urbanen Knotenpunkten wie Kreuzungen positiv bemerkbar.

Weniger Emissionen durch geringeren Luftwiderstand:

Durch die geringen Abstände zwischen Fahrzeugen verringert sich der Luftwiderstand deutlich – insbesondere im Güterverkehr mit LKWs ist dieser Effekt besonders stark. Die geringen Abstände reduzieren zum einen die Hochdruckzone an der Fahrzeugfront, allerdings auch die Turbulenzen am Fahrzeugheck. Die Folge: spürbar geringerer Kraftstoffverbrauch und damit auch sinkende CO₂-Emissionen.¹⁵

Schnellere Fahrzeiten – insbesondere in der Stadt:

Viel Forschung findet noch immer hinsichtlich Platooning auf Autobahnen statt. Auch erste reale Platooning-Anwendungen sind zu beobachten. Platooning kann aber auch abseits der Autobahn funktionieren, zum Beispiel in der Innenstadt und bringt hier viele Vorteile. An Ampeln und Kreuzungen beschleunigen Platoons gemeinsam, wodurch der Rückstau verringert wird und mehr Fahrzeuge pro Grünphase passieren können. Gleichzeitig entfällt die typische „Ziehharmonika-Wirkung“ durch ungleichmäßiges Anfahren.¹⁶ Das führt zu stabileren Verkehrsflüssen und verkürzt die Reisezeit – sowohl für die Fahrer im Platoon als auch für den restlichen Verkehr. Hier steht die Forschung allerdings noch ganz am Anfang. Es wird vermutlich noch einiges an Zeit vergehen, bevor erste Platoons in Innenstädten zu sehen sind.

Platooning ist ein wirkungsvoller Hebel zur Transformation des Mobilitätsystems – praxistauglich, effizient und mit sofort messbaren Effekten. Es bietet eine realistische Möglichkeit, Emissionen zu senken, Unfälle zu vermeiden und Verkehrsflächen besser zu nutzen – und das im bestehenden Fahrzeugbestand, ohne auf zukünftige Technologien warten zu müssen.

Zwar steht die praktische Umsetzung noch relativ am Anfang, allerdings gibt es insbesondere in Asien¹⁷ Bestrebungen, das Konzept Realität werden zu lassen. Insbesondere rechtliche Probleme machen selbst den Testbetrieb solcher Systeme in Deutschland jedoch enorm aufwändig, was sicherlich auch dazu beiträgt, dass eine Etablierung in unsere tägliche Mobilität noch dauern wird.



¹⁵ S. SICP – SOFTWARE INNOVATION CAMPUS PADERBORN/ UNIVERSITÄT PADERBORN 2024

¹⁶ S. HARDES, T. 2024

¹⁷ S. XINHUA 2025; S. PONY AI 2025

Daten als Schlüssel für die Mobilität von morgen

Die Digitalisierung verändert die Mobilitätsbranche grundlegend: Fahrzeuge werden von reinen Fortbewegungsmitteln zu intelligenten, datenverarbeitenden Systemen. Als Smart Products sind sie mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, digital vernetzt und erfassen fortlaufend Daten zu Zustand, Umgebung und Nutzerverhalten. Durch die Verbindung mit anderen Fahrzeugen, Infrastrukturen und Systemen entstehen enorme Datens Mengen – die Grundlage sogenannter Smart Services. Diese bündeln und verarbeiten Informationen aus vernetzten physischen Objekten und schaffen so einen konkreten Mehrwert.

Smart Services ermöglichen eine individualisierte, nachhaltige und komfortable Mobilität. Die Bandbreite reicht von vorausschauender Wartung (Predictive Maintenance) über dynamische Routenplanung bis hin zum autonomen Fahren. Sie bieten nicht nur Vorteile für Kundinnen und Kunden, sondern eröffnen auch Hersteller:innen und Dienstleister:innen die Möglichkeit, bestehende Angebote zu verbessern und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. So kann beispielsweise analysiert werden, in welchem Maße bestimmte Bauteile – etwa Stoßdämpfer – besonders anfällig für Mängel sind. Durch die Auswertung großer Datenmengen aus dem Fahrzeugbetrieb lassen sich Muster erkennen, Optimierungspotenziale aufdecken und darauf aufbauend innovative, datengetriebene Services entwickeln.¹⁸

Damit Smart Services überhaupt umgesetzt werden können, ist eine vertrauenswürdige Dateninfrastruktur erforderlich, die einen souveränen und sicheren Austausch zwischen verschiedenen Akteur:innen ermöglicht. Eine vielversprechende Lösung bieten sogenannte Datenräume (Data Spaces). Diese basieren auf gemeinsamen Vereinbarungen, Regeln und Standards und schaffen damit die technologischen, organisatorischen und rechtlichen Voraussetzungen für die unternehmens- und branchenübergreifende Datennutzung.¹⁹ Im Folgenden werden Datenräume als zentrale Enabler für datengetriebene Mobilitätslösungen vorgestellt. Wie sich Daten in intelligente, nutzerzentrierte Services übersetzen lassen, wird anschließend anhand von zwei konkreten Anwendungen verdeutlicht.

Top 7 Enabler: Datenräume

Die Herausforderung

Die digitale Transformation in der Mobilität steht vor einer zentralen Herausforderung: Daten sind zwar in großen Mengen vorhanden, liegen jedoch häufig isoliert in unterschiedlichen Unternehmen, Behörden oder Forschungseinrichtungen. Klassische digitale Plattformen bieten zwar Zugang zu Daten, unterliegen jedoch kommerzieller Kontrolle und beschränken den Datenzugriff auf registrierte Nutzende nach den Regeln der Betreibenden. Dies führt zu Abhängigkeiten von wenigen großen Anbieter:innen und erschwert die branchenübergreifende Zusammenarbeit. Gleichzeitig entstehen Governance- und Managementprobleme: Ohne klare, offene Regeln für Datennutzung, Verantwortung und faire Gewinnverteilung kann die Koordination zwischen vielen Akteur:innen ineffizient und konfliktreich verlaufen. Hinzu kommen technische und rechtliche Anforderungen wie Datenschutz, Sicherheit und Interoperabilität, die bei isolierten oder zentral kontrollierten Plattformen nur unzureichend adressiert werden. Das Ergebnis ist ein Innovationshemmnis: Das volle Potenzial datengetriebener Mobilitätservices bleibt ungenutzt, und die digitale Souveränität der Beteiligten ist eingeschränkt.

Die Lösung

Öffentliche Datenräume (Data Spaces) sind offene Infrastrukturen, auf denen verschiedene Akteur:innen – zum Beispiel Herstellende, Zuliefererbetriebe, Verkehrsbehörden, Städte, Softwareanbietende und Forschungseinrichtungen – ihre Daten serviceorientiert (gegen Entgelt) anderen zur Nutzung und Wertschöpfung anbieten können. Hierdurch behalten die Eigner:innen die Kontrolle über die Daten und können gleichzeitig an der Wertschöpfung der datennutzenden Akteur:innen teilhaben.²⁰

So entstehen neue Möglichkeiten für digitale Dienstleistungsinnovationen, etwa im Bereich des autonomen Fahrens, bei intelligenten Verkehrssystemen oder für nachhaltige Logistiklösungen. Datenräume schaffen dafür klare, verlässliche Regeln: Wer welche Daten nutzt, wie lange, und zu welchem Zweck ist für alle Beteiligten transparent.²¹

Wesenskern einer digitalen Plattform, zum Beispiel Amazon Web Services oder Dropbox, ist es dagegen häufig, dem Plattformbetreibenden die eigenen Daten zur Nutzung zu überlassen. Hierdurch konzentriert sich dann auch die Wertschöpfung auf den Plattformbetreibenden. Während digitale Plattformen Nutzungsbedingungen vorgeben, beruhen Datenräume auf einem dezentralen Ansatz und schaffen ein offenes Ökosystem, in dem unterschiedliche Akteur:innen auf Augenhöhe zusammenarbeiten können.²² Damit können Datenräume die technologische und organisatorische Grund-



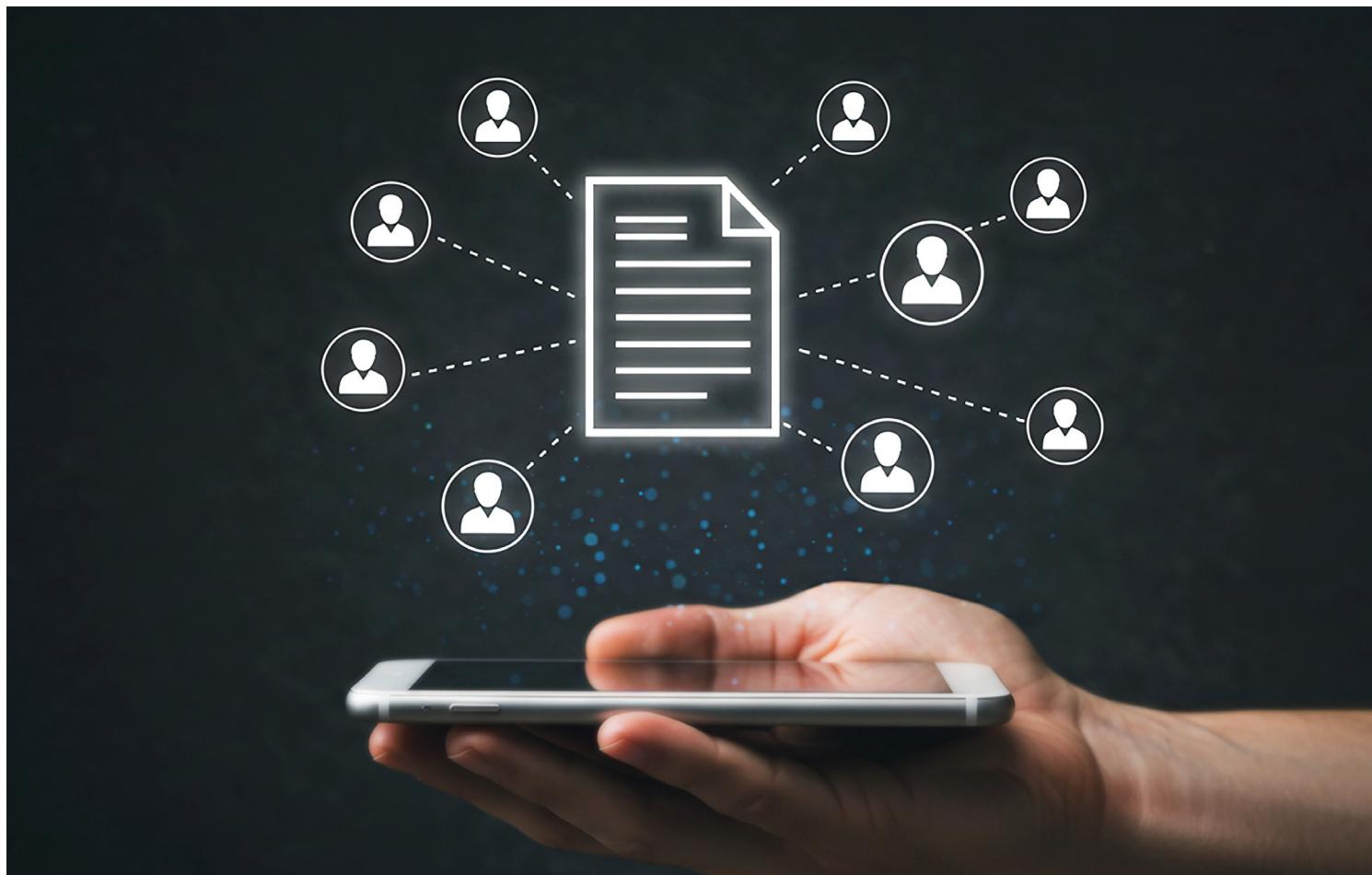
¹⁸ S. BEVERUNGEN 2019, S. 8

¹⁹ S. ACATECH 2024

²⁰ S. EBD.

²¹ S. BEVERUNGEN ET AL. 2022, S.498

²² S. EBD., S. 494



lage für datengetriebene Mobilitätsservices bilden: Dynamische Routenplanung, autonome Fahrzeugfleotten oder personalisierte Mobilitätsangebote werden durch den Zugriff auf aktuelle, qualitativ hochwertige Daten deutlich leistungsfähiger. Gleichzeitig entstehen neue Formen der Zusammenarbeit, in denen beispielsweise Echtzeitdaten genutzt werden, um Wartungsbedarfe frühzeitig zu erkennen und diese Informationen mit Werkstätten, Flottenbetreibenden und Herstellenden zu teilen. So werden datenbasierte Innovationen möglich, die über unternehmenseigene Plattformlösungen hinausgehen und auf Offenheit, Interoperabilität und digitale Souveränität setzen.²³

Beispiele für Datenräume im Mobilitätssektor:

- GAIA-X ist eine europäische Initiative mit dem Ziel, eine sichere und vertrauenswürdige Dateninfrastruktur zu schaffen. Hintergrund ist die starke Abhängigkeit Europas von großen Cloudanbietern aus den USA und China. GAIA-X soll hier eine europäische Alternative schaffen, bei der Unternehmen, Behörden und Forschungseinrichtungen Daten kontrolliert austauschen und verarbeiten können, ohne dabei die Hoheit über ihre Daten zu verlieren. Wichtig: GAIA-X selbst ist kein Anbieter von Infrastruktur oder Dienstleistungen. Vielmehr versteht sich die Initiative als Rahmen oder Baukasten, mit dem

ein vernetztes Ökosystem verschiedener Anbietenden entstehen kann. Dafür bringt GAIA-X unterschiedliche Beteiligte der Datenwirtschaft – etwa Datenbesitzende, Cloudanbietende oder Softwareentwickler:innen – zusammen. Gemeinsam entwickeln sie offene Standards, gemeinsame Regeln und eine technische Architektur, die einen sicheren, interoperablen und fairen Austausch von Daten ermöglichen. (<https://gaia-x.eu/>)²⁴

- NRW.Mobidrom: Um digitale vernetzte Mobilität in Nordrhein-Westfalen zu fördern, stellt die Landesregierung NRW die Datenplattform MOBIDROM zur Verfügung. Diese bündelt und prüft sämtliche relevanten Mobilitätsdaten des Landes aus dem öffentlichen Personennahverkehr und stellt sie kostenfrei und standardisiert zur Verfügung. Dazu zählen etwa Fahrplandaten, aktuelle Verkehrslagen, Parkplatzkapazitäten sowie Baustellenmeldungen aus Städten und von Autobahnen. Die intelligente Vernetzung dieser Daten bildet die Basis für innovative, auch KI-gestützte Mobilitätslösungen.

²³ S. BEVERUNGEN 2022, S. 494

²⁴ S. RUSCHE 2022, S. 3 ff.

gen, zum Beispiel im Bereich der Verkehrssteuerung, der Fahrgastinformation oder der Entwicklung neuer Mobilitäts-Apps. (<https://www.mobidrom.nrw/>)²⁵

- Catena-X ist ein Teilprojekt von GAIA-X und bildet den branchenspezifischen Datenraum für die Automobilindustrie. Das 2021 gegründete Partnernetzwerk – unter anderem mit BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen, Bosch und SAP – verfolgt das Ziel, einheitliche Standards für den sicheren und transparenten Datenaustausch entlang der automobilen Wertschöpfungskette zu etablieren. Ein konkreter Anwendungsfall ist etwa die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks von Komponenten: Wenn ein Hersteller zum Beispiel die CO₂-Bilanz für ein Fahrzeug aufstellen will, fordert er bei den Zulieferern Daten über die Emissionen der einzelnen Komponenten an und erhält sie automatisch und im richtigen Format. Weitere Aufgaben, die durch Catena-X erleichtert werden sollen, sind das Management von Geschäftskontakten, die Abfrage von Lieferverfügbarkeiten oder die Herkunft von Einzelteilen, auf die Zölle fällig werden könnten. So hat BMW beispielsweise den Product Carbon Footprint (PCF) der Niere des BMW iX über Catena-X berechnet – basierend auf gemeinsamen Regelwerken, die alle relevanten Emissionen entlang der Produktion erfassen. (<https://catena-x.net/>)²⁶

Top 8 Enabler: Predictive Maintenance

Die Herausforderung

Ein Fahrzeug muss stets einsatzbereit sein – egal ob im privaten oder im gewerblichen Kontext. Ausfälle kosten nicht nur Geld und sind ärgerlich, sondern verursachen auch Verspätungen, verärgerte Kunden oder unnötige Belastungen für die Umwelt. Neben dem privaten Nutzen führt insbesondere im öffentlichen Nahverkehr, bei Logistikflotten oder Sharing-Diensten jeder unerwartete Ausfall unmittelbar zu weitreichenden Problemen. Zudem sind die Wartungs- und Instandhaltungskosten von Fahrzeugflotten traditionell hoch, da viele Komponenten vorsorglich in festen Intervallen gewechselt werden, obwohl sie oft noch funktionstüchtig sind. Dieses ineffiziente Vorgehen treibt nicht nur die Betriebskosten in die Höhe, sondern erzeugt durch unnötig gewechselte Teile auch vermeidbaren Abfall.

Auch werden Fahrzeuge oftmals erst dann gewartet, wenn bereits ein Schaden entstanden ist. Solch reaktive Wartungsstrategien führen oft zu kostenintensiveren Maßnahmen, da kurzfristige Ersatzteile oder gar Ersatzfahrzeuge nicht unmittelbar zur Verfügung stehen.²⁷

Die Lösung

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, kommen datenbasierte Smart Services wie Predictive Maintenance ins Spiel, wie sie in der Einleitung skizziert wurden: Sie ermöglichen es, Wartungsbedarfe frühzeitig zu erkennen und dadurch Ausfallzeiten, Kosten und Emissionen gezielt zu reduzieren. Die zugrundeliegende Idee ist, dass eine permanente Analyse von verschiedenen Datenquellen durchgeführt wird, um einen zukünftigen Wartungsfall vorhersagen zu können. Datenquellen können z.B. verschiedene Sensoren sein, die Daten wie Temperatur, Drehzahl, Vibrationen oder Schwingungen erfassen.

Ein Beispiel: Beschleunigungssensoren erfassen zu jeder Zeit die vertikale Bewegung der Fahrzeugkarosserie. Wenn ein Bewegungsprofil bei funktionstüchtigen Stoßdämpfern vorhanden ist, kann eine Veränderung in dem Profil ein Hinweis darauf sein, dass ein Stoßdämpfer möglicherweise verschlossen ist oder die Dämpfungswirkung nachlässt. Das kann zum Beispiel bei ungewöhnlichen Bewegungen bei Unebenheiten (Schlaglöcher oder Schwelben) der Fall sein. Wird ein sol-

²⁵ S. MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2025

²⁶ S. KÖLLNER 2024

²⁷ S. KORTICAL; s. HITACHI





Autor:

Dr.-Ing. Tobias Hardes
Kompetenzbereichsmanager
"Digitale Infrastrukturen"

SICP – Software Innovation Campus
Paderborn

ches Muster kontinuierlich erkannt und werden die Abweichungen extremer, kann eine Wartung vorgeschlagen werden, noch bevor die Fahrenden selbst einen Unterschied an dem Fahrzeug bemerken.²⁸

Ein Handeln ist also möglich, noch bevor es zu einer sicherheitsrelevanten Beeinträchtigung oder zu einem Komfortverlust kommt – Ersatzteile können frühzeitig beschafft und die eigentliche Reparatur präziser geplant und schneller durchgeführt werden. Insbesondere lässt sich mit Predictive Maintenance aber die oftmals aufwändige Fehlersuche in Werkstätten vereinfachen.²⁹

Eine von der Europäischen Kommission beauftragte Studie³⁰ ergab, dass mit richtig umgesetzter zustandsorientierter Instandhaltung erhebliche Einsparungen möglich sind. Die Studie

beziffert das Sparpotenzial gegenüber traditioneller präventiver Instandhaltung auf 8 bis 12 %. Weitere Vorteile sind die Senkung der Wartungskosten um 14 bis 30 %, der Ausfallzeiten um 20 bis 45 % und der Ausfälle um 70 bis 75 %.³¹

Das Potential ist also in vielfacher Hinsicht enorm und sowohl für private Fahrzeuge als auch für gewerblich genutzte Fahrzeugflotten hinaus interessant. Predictive Maintenance findet bereits heute Anwendung, beispielsweise bei Ford oder bei Leasingunternehmen. Übertragen lässt sich das Konzept auch auf andere Domänen, wie beispielsweise Maschinen in der Fertigung, in Rechenzentren oder in der Energieerzeugung.³²

²⁸ S. GEOTAB 2025; s. LUXOFF

²⁹ S. HITACHI

³⁰ <https://WWW.DANFOSS.COM/DE-DE/ABOUT-DANFOSS/OUR-BUSINESSES/DRIVES/KNOWLEDGE-CENTER/CONDITION-MONITORING-WITH-INTELLIGENT-DRIVES/PREDICTIVE-MAINTENANCE/>

³¹ S. DANFOSS

³² S. KORTICAL

Top 9 Enabler: Green Light Optimal Speed Advisory

Die Herausforderung

Kreuzungen und Lichtsignalanlagen (Ampeln) sind wichtige Kontrollelemente unseres Verkehrssystems. Sie sind heute zwingend notwendig, um Kollisionen zu vermeiden und Verkehrsflüsse zu organisieren. Gleichzeitig stellen sie im urbanen Alltag eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar: Ständiges Stop-and-Go – insbesondere im Berufsverkehr – ist nicht nur frustrierend, sondern erfordert auch permanent eine erhöhte Aufmerksamkeit und somit mittelfristig zu Müdigkeit. Zusätzlich sind Ampeln aber auch ein erheblicher Faktor für erhöhte Kraftstoffverbräuche und die damit verbundenen Emissionen, sowie Lärmbelastungen.

Diese Probleme sind bekannt – und sie zeigen exemplarisch, wie groß das Potenzial datenbasierter Smart Services in der vernetzten Mobilität ist. Denn klassische Ansätze, wie etwa optimierte Ampelschaltungen oder „grüne Wellen“ stoßen in der Praxis schnell an ihre Grenzen – insbesondere in dynamischen Verkehrssituationen oder bei uneinheitlichem Fahrverhalten.

Die Lösung

Hier setzen datengetriebene Lösungen wie das Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA) an, das Fahrzeug- und Infrastrukturdaten intelligent verknüpft, um Verkehrsflüsse zu glätten und die Mobilität spürbar effizienter und komfortabler zu gestalten. Dabei wird die V2X-Kommunikation (Vehicle-to-Everything) genutzt, damit die Ampel Informationen mit den Fahrzeugen austauschen bzw. teilen kann. Das grundlegende Prinzip hinter GLOSA ist wie folgt: Besitzt ein Fahrzeug Kenntnis über die verschiedenen Ampelphasen, kann eine optimale Geschwindigkeit berechnet werden, sodass das Fahrzeug ohne einen Stopp die Ampel passieren kann.³³ Dazu sind zum einen Informationen über das angezeigte Licht erforderlich (Rot, Gelb, Grün, Rot/Gelb, Gelb blinkend, schutzezeitfreies Grün, etc.), zum anderen auch die entsprechenden Phasendauern.

Befindet sich ein Fahrzeug beispielsweise 50 Meter von einer roten Ampel entfernt, die noch für 5 Sekunden rot ist und anschließend auf grün umschaltet, muss das Fahrzeug 36 km/h schnell fahren, um genau in dem Moment des Phasenwechsels an der Ampel zu sein.

Die Vorteile für die urbane Mobilität sind dabei vielseitig und auch unmittelbar spürbar. Zum einen sinken Kraftstoffverbrauch und Emissionen deutlich: Pilotprojekte zeigten, dass Fahrzeuge, die mit GLOSA ausgestattet sind, ihren Kraftstoffverbrauch im innerstädtischen Verkehr um bis zu 17 % reduzieren können, da unnötige Stopps vermieden werden. Diese Werte schwanken von Studie zu Studie, aller-

dings geben viele Studien Treibstoffeinsparungen von deutlich mehr als 10% an. Dies reduziert gleichzeitig die Schadstoffbelastung in Städten und verbessert die Luftqualität – ein erheblicher Gewinn für die Gesundheit der Stadtbewohner:innen. Zum anderen erhöht sich die Verkehrssicherheit, da abruptes Bremsen und hastiges Beschleunigen reduziert werden, was wiederum das Risiko von Auffahrunfällen verringert.³⁴

Ein weiterer Vorteil ist aber sicherlich die Zeitsparnis und der damit verbundene Komfortgewinn für Verkehrsteilnehmende. Flüssigere Verkehrsströme reduzieren Staus und erhöhen folglich die Kapazität der Verkehrsinfrastruktur. Auch der Lärmpegel nimmt ab, da der Verkehrsfluss insgesamt ruhiger wird. Die Verbesserung der Reisezeit wird oftmals relativ gering bewertet, allerdings ist der Komfortgewinn enorm.

GLOSA³⁵ findet heute bereits Anwendung, beispielsweise in Helmond und Breda in den Niederlanden. Es handelt sich aktuell um einen Testbetrieb. Das System erwies sich als unerwartet robust und in ein bestehendes Verkehrssystem integrierbar. GLOSA bedarf jedoch in der ursprünglichen Idee ein voll vernetztes System von Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur wie Ampeln. Aufgrund der relativ langen Nutzungsdauer von Fahrzeugen, wird eine vollständige Vernetzung allerdings noch viele Jahre dauern. In der Zwischenzeit können Smartphone-Lösungen dieses Problem teilweise lösen. Beispiele für solche Systeme sind TRAFFICPILOT oder das System von C-Roads-Germany.³⁶

³³ S. SOMMER, C., DRESSLER, F. 2024

³⁴ S. STEVANOVIC, A., STEVANOVIC, J., KERGAYE, C. 2013

³⁵ [HTTPS://V-TRON.NL/EN/GLOSA/](https://v-tron.nl/en/glosa/)

³⁶ S. MEGABITS, s. C-ROADS GERMANY



Die Rolle der Nutzerzentrierung für einen emissionsarmen Güterverkehr

Auch in einer Zukunft mit wenig Individualverkehr wird es weiter Güterverkehr in erheblichem Ausmaß geben. Deutschland ist davon doppelt betroffen, zum einen, weil wir als bevölkerungsreiches Land mitten in Europa viele Waren produzieren und konsumieren, zum anderen, weil wir durch die Lage mitten in Europa Transitland sind.



Aus eigenem Interesse müssten wir im Verkehrsbereich das Augenmerk viel stärker auf den Güterverkehr legen, als dies bisher geschieht und uns fragen, welche Technologien dabei helfen, die Emissionen von Güterverkehr zu senken und auch, wie Emissionen kompensiert werden können.

Dabei spielt der Mensch durch seine Wahlentscheidungen eine entscheidende Rolle: Selbst wenn ihm mit aktueller Technologie alle Informationen zu den mit einer Transportwahl verbundenen Emissionen gegeben sind und selbst wenn sogar die Faktoren Zeit und Kosten der emissionsarmen Wahl nicht entgegenstehen, tun sich Menschen schwer, die Informationen richtig zu verarbeiten und die beste Wahl zu treffen.

Das liegt zum einen daran, dass Menschen schnell in Routinen verfallen und nicht ständig alle Alternativen vergleichen wollen, zum anderen aber auch daran, dass technische Systeme zur Berechnung von Alternativen häufig menschenunfreundlich gestaltet sind. Ein alleiniger Fokus auf intelligente technische Systeme ohne Berücksichtigung menschlicher Eigenschaften und ihrer Unterschiedlichkeit kann nicht funktionieren. Eine wichtige Rolle zur Verbesserung von Mensch-Technik-Interaktion für emissionsarme Transportentscheidungen kommt dabei der intelligenten Kommunikation zur Emissionsreduktion zu.

Autor:

**Prof. Dr. Kirsten
Thommes**

Wirtschaftswissenschaften,
Organizational Behavior

Universität
Paderborn

Top 10 Enabler: Intelligente Kommunikation zur Emissionsreduktion

Die Herausforderung

Weltweit werden etwa 20% aller Emissionen durch Transport und Logistik verursacht, wobei der Warentransport per Schiff, Flugzeug, Schiene oder Truck etwa 90% dieser Emissionen verursacht. Obwohl technische Lösungen zu einem kontinuierlichen Sinken der Emissionen pro Gut führen, nehmen die Gesamtemissionen von Logistik und Transport immer weiter zu, weil weltweit immer mehr gehandelt wird. Logistiker und LKW-Flotten stehen seit Jahren vor einem Dilemma: Zum einen kämpfen sie mit sehr geringen Margen durch hohen Wettbewerbsdruck, zum anderen mit hohen Ansprüchen der Kund:innen, die bei geringer Zahlungsbereitschaft schnelle Lieferungen erwarten. Zugleich existiert ein gravierender Mangel an professionellen Fahrzeugkennenden auf dem Arbeitsmarkt und die gesamte Öffentlichkeit erwartet gravierende Einsparungen bei den CO₂-Emissionen.

Energieminimierende Logistiklösungen sind daher im Moment nur dann umsetzbar, wenn sie sowohl kostenarm durchzuführen sind und gleichzeitig die Fahrenden nicht belasten, da die Branche mit Fachkräftemangel und relativ hohen Fluktuationsraten konfrontiert ist. Individuelles Fahrertraining – die in der Branche häufigste gewählte Lösung – hat keine nachhaltigen Emissionsreduktionen zur Folge, da Fahrende sehr schnell in übliche Routinen zurückfallen. Gleichzeitig muss nach Lösungen der Kompensation der aktuell unvermeidbaren Emissionen gesucht werden.

Die Lösung

In einer Reihe von Feldexperimenten haben wir individuelle Lösungen mit Logistikunternehmen erarbeitet, um die Fahrenden zu energieeffizientem Fahren anzuleiten und die Kompensation der Emissionen durch Kund:innen zu befördern:

- Im Transport könnten erheblich Emissionen eingespart werden, wenn die bereits jetzt fahrerunterstützenden Systeme wie Bremsassistenten zur Vermeidung von Pedalbremsen, vollautomatisierte Schaltung oder Motorabschaltung bei Stillstand volumnäßig genutzt würden. Während manche Fahrenden dies auch nutzen, schaltet etwa ¼ der Fahrenden automatisierte Assistenzsysteme ab, sobald ihnen langweilig wird. Dies ist insbesondere auf langen Autobahnfahrten Grund für unnötige Emissionen, während die Einsparungen durch Teilautomatisierung im Stadtverkehr überschaubar sind. Daher kann ein besseres Profiling von Fahrenden zu einem verbesserten Matching auf Strecken führen und auch individuelle Nachrichten zu einer Erhöhung der

Nutzung automatisierter Systeme.³⁷

- Digitale Assistenzsysteme wie vereinfachtes Feedback („Nudges“)³⁸ können, anders als persönliche Trainer:innen, zudem zu einer nachhaltigen Fahrverhaltensverbesserung der Fahrenden beitragen, entweder durch gamifizierte Systeme oder auch durch positives Framing von Nachrichten durch die Manager:innen. Bei beiden Methoden ist sowohl das Timing als auch die Glaubwürdigkeit der Nachrichten besonders entscheidend. Im Optimalfall kann der Treibstoffverbrauch bei einer angenommenen täglichen Fahrleistung von 400km um 1 Liter pro Tag und Fahrzeug gesenkt werden, was eine erhebliche Kosten einsparung für eine LKW-Flotte bedeuten kann.³⁹

- Schließlich haben wir zusammen mit einem Logistikunternehmen untersucht, wie Kund:innen dazu gebracht werden können, CO₂-Emissionen zu kompensieren: Eine Standardkompensation hat dazu geführt, dass der Anteil der Kund:innen, die CO₂ kompensieren, von 10% auf langfristig 50% (kurzfristig 80%) angestiegen ist bei gleichzeitigem erheblichem Umsatzwachstum der Logistikplattform. Bemerkenswert ist dabei, dass Kund:innen sogar weniger wahrscheinlich CO₂ kompensieren, wenn sie in Regionen mit einem hohen Anteil an Wähler:innen der Grünen wohnen und/oder wenn sie in Berlin wohnen. Letzteres ist darum besonders, weil Transporte in die Hauptstadt erheblich mehr Emissionen verursachen als an alle anderen Orte Deutschlands.⁴⁰

³⁷ S. HOFFMANN, C., THOMMES, K. 2022; HOFFMANN, C., THOMMES, K. 2024

³⁸ S. THOMMES, K., HOFFMANN, C. 2019

³⁹ S. UNIVERSITÄT PADERBORN

⁴⁰ S. HOFFMANN, C., THOMMES, K. 2020

Autor:

**Prof. Dr. Kirsten
Thommes**

Wirtschaftswissenschaften,
Organizational Behavior

Universität
Paderborn

Fazit

Die Beiträge dieses Magazins zeigen in ihrer Vielfalt, wie facettenreich die Forschung an neuen Mobilitätskonzepten ist und wie eng technische Innovation, gesellschaftliche Akzeptanz und ökologische Verantwortung miteinander verwoben sind.

Mit dem Projekt "NeMo.bil" wird ein visionäres Konzept eines energieeffizienten On-Demand-Mobilitätskonzepts vorgestellt, das insbesondere im ländlichen Raum neue Perspektiven für flexible, emissionsfreie und bedarfsgerechte Verkehrslösungen eröffnet. Der Beitrag zu "Sunglider" zeigt, wie energieautarke, schienengebundene Transportsysteme eine neue Form nachhaltiger urbaner Mobilität ermöglichen können – ressourcenschonend, effizient und eingebettet in eine ganzheitliche Energie- und Stadtplanung.

Darüber hinaus wurde gezeigt, wie Vehicle-2-X-Kommunikation die Grundlage für den vernetzten, sicheren und effizienten Verkehr der Zukunft schafft. Fahrzeuge, Infrastruktur und Verkehrsteilnehmende tauschen in Echtzeit Daten aus, um Staus zu vermeiden, Emissionen zu senken und die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Intelligente Lichtsignalanlagen und digitale Zwillinge ermöglichen dabei eine adaptive Steuerung und virtuelle Absicherung komplexer Verkehrsszenarien. Durch Konzepte wie Platooning wird zudem das Potenzial kollektiven Fahrens sichtbar, das Kraftstoff spart, Unfälle reduziert und Verkehrsflächen effizienter nutzt. Gemeinsam verdeutlichen die vorgestellten Ansätze, dass vernetzte Systeme, Simulation und Kooperation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur Schlüsseltechnologien für den automatisierten und nachhaltigen Verkehr von morgen sind.



In einem weiteren Kapitel wurde deutlich, dass Daten die zentrale Ressource für die Mobilität von morgen sind und sogenannte Datenräume die Grundlage dafür bilden können. Sie schaffen eine vertrauenswürdige Infrastruktur, über die Fahrzeughersteller, Dienstleister, Städte und Forschungseinrichtungen Daten sicher austauschen können – etwa für Anwendungen wie Predictive Maintenance oder Green Light Optimal Speed Advisory. Diese datenbasierten Smart Services ermöglichen effizientere Wartungsprozesse, geringere Ausfallzeiten, flüssigere Verkehrsflüsse und reduzierte Emissionen. So wird deutlich, dass der gezielte und sichere Umgang mit Daten nicht nur technologische Innovationen befördert, sondern auch ein wesentlicher Hebel für nachhaltige und nutzerorientierte Mobilität ist.

Zudem haben wir verdeutlicht, dass die Mobilitätswende nur im Zusammenspiel mit der Energiewende gelingen kann. Die Elektrifizierung des Verkehrs eröffnet neue Potenziale für Flexibilität und Speicher im Energiesystem, etwa durch Vehicle-to-Grid-Konzepte. Zugleich wird deutlich, dass eine reine Antriebswende nicht ausreicht – erst durch die Verknüpfung von Energie-, Verkehrs- und Digitalsystemen entsteht eine nachhaltige, integrierte Mobilität der Zukunft.

Auch der Blick auf sozio-technische Fragestellungen – etwa zur Nutzerakzeptanz, zu ethischen Aspekten oder zur Gestaltung digitaler Schnittstellen – unterstreicht die Bedeutung interdisziplinärer Forschung. Nur wenn technische Machbarkeit und menschliche Bedürfnisse gemeinsam gedacht werden, kann Mobilität langfristig nachhaltig gestaltet werden.

Mit den Beiträgen in diesem Magazin haben wir einen Einblick in die Entwicklung praxisorientierter Lösungen für die Mobilität von morgen gegeben, an denen der SICP und das Heinz Nixdorf Institut gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Wirtschaft arbeiten. Dabei wurde deutlich, wie Digitalisierung, Energie- und Verkehrssysteme zunehmend zu einem vernetzten Gesamtsystem zusammenwachsen können.

Der Weg zu einer intelligenten und nachhaltigen Mobilität hat begonnen – und wir gestalten ihn mit. Jetzt gilt es, die entwickelten Ansätze weiterzudenken und gemeinsam konkrete Lösungen für die Mobilität der Zukunft auszubauen. Wer diese Zukunft mitgestalten möchte, ist herzlich eingeladen, sich bei uns zu melden und den Austausch fortzusetzen. Denn nur gemeinsam bringen wir Zukunft in Bewegung.



Literaturverzeichnis

ACATECH (2024): Factsheet Datenräume. Grundkonzepte und Gestaltungsprinzipien schnell und einfach erklärt, online verfügbar unter: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2023/10/230904_Factsheet_Datenraeume_kurz.pdf [zuletzt aufgerufen am 20. Oktober 2025]

AUSTRIATECH – GESELLSCHAFT DES BUNDES FÜR TECHNOLOGIEPOLITISCHE MASSNAHMEN: C-Roads – The Platform of harmonised C-ITS Deployment in Europe, online verfügbar unter: <https://www.c-roads.eu/platform.html> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

BEVERUNGEN, D., HESS, T., KÖSTER, A., LEHRER, C. (2022): From private digital platforms to public data spaces: implications for the digital transformation. *Electronic Markets* 32, S. 493–501, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12525-022-00553-z>

BEVERUNGEN, D., MÜLLER, O., MATZNER, M., MENDLING J. VOM BROCKE, J. (2019): Conceptualizing Smart Service Systems. *Electronic Markets*, 29(1), S. 7-18, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12525-017-0270-5>

BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG, TECHNOLOGIE UND RAUMFAHRT: Nachhaltigkeitsoptimiertes Life Cycle Assessment technologisch hochkomplexer Produkte am Beispiel Automobilbeleuchtung (NALYSES), online verfügbar unter: <https://www.zukunft-der-wertschoepfung.de/projekte/nachhaltigkeitsoptimiertes-life-cycle-assessment...> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

CENTRE DE VISIÓ PER COMPUTADOR (CVC): CARLA Open-source simulator for autonomous driving research, online verfügbar unter: <https://carla.org> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

C-ROADS GERMANY: Green Light Optimal Speed Advisory, online verfügbar unter: <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/glosa/> [zuletzt aufgerufen am 30. Juni 2025]

DANFOSS: Predictive Maintenance. Maximierung der Anlageneffizienz mit Condition Monitoring, online verfügbar unter: <https://www.danfoss.com/de-de/about-danfoss/our-businesses/drives/knowledge-center/condition-monitoring-with-intelligent-drives/predictive-maintenance/> [zuletzt aufgerufen am 30. Juni 2025]

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ENTWURFSTECHNIK MECHATRONIK: Smart Headlamp Technology, online verfügbar unter: <https://www.iem.fraunhofer.de/de/referenzen/sht-smart-headlamp-technology.html> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

GERL, M. (2022): Eine Schwebebahn für das 21. Jahrhundert, in DIE ZEIT, online verfügbar unter: <https://www.zeit.de/mobilitaet/2022-12/sung-lider-solarenergie-hochbahn-nahverkehr> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

GEOTAB (2025): What is predictive maintenance (PdM)? Benefits, challenges & examples for fleet management, online verfügbar unter: <https://www.geotab.com/blog/predictive-maintenance/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

HARDES, T. (2023): Vernetzte Zukunft. Die Automobilindustrie am Wendepunkt, in Fostering Innovation, Bertelsmann Stiftung, online verfügbar unter: <https://fosteringinnovation.de/vernetzte-zukunft-die-automobilindustrie-am-wendepunkt/> [zuletzt aufgerufen am 20. November 2025]

HARDES, T. (2024). Cooperative Mobility in Urban Environments, online verfügbar unter: [https://tud.qucosa.de/landing-page/?tx_dlf\[ilid\]=https%3A%2Ftud.qucosa.de%2Fapi%2Fqucosa%253A92325%2Fmets](https://tud.qucosa.de/landing-page/?tx_dlf[ilid]=https%3A%2Ftud.qucosa.de%2Fapi%2Fqucosa%253A92325%2Fmets) [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

HARDES, T. (2025): Vernetztes Fahren in der Innenstadt. Vorteile, Herausforderungen und Kommunikationsstrategien, DiSerHub, online verfügbar unter: <https://diserhub.de/whitepaper-vernetztes-fahren-in-der-innenstadt/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

HITACHI: How Penske and Hitachi Solve Problems Before They Arise, online verfügbar unter: <https://www.hitachi.com/en-us/insights/articles/proactive-diagnostics-for-enterprise-fleet-maintenance-and-repair/> [zuletzt aufgerufen am 30. Juni 2025]

HOFFMANN, C., THOMMES, K. (2020): Can digital feedback increase employee performance and energy efficiency in firms? Evidence from a field experiment. *Journal of Economic Behaviour & Organization*, 180, S. 49-65, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2020.09.034>

HOFFMANN, C., THOMMES, K. (2022): Seizing the Opportunity for Automation – How Traffic Density Determines Truck Drivers' Use of Cruise Control. *IEEE Transactions on human-machine systems*, 52 (6), S. 1205-1214, online verfügbar unter: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9919425&tag=1> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

HOFFMANN, C., THOMMES, K. (2024): Can leaders motivate employees' energy-efficient behaviour with thoughtful communication? *Journal of Environmental Economics and Management*, 125, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102990>

KÖLLNER, C. (2024): Was ist Catena-X?, in automobilwirtschaft | Springerprofessional.de, online verfügbar unter: <https://www.springerprofessional.de/automobilwirtschaft/unternehmen--institutionen/was-ist-catena-x-/50174986> [zuletzt aufgerufen am 20. Oktober 2025]

KORTICAL: Predictive maintenance. Predicting vehicle failures before they happen via connected modem data with Ford, online verfügbar unter: <https://kortical.com/case-studies/ford-predicting-failures-ai-example> [zuletzt aufgerufen am 30. Juni 2025]

LADEPLAN GmbH – A SOLUTION BY RETAILSONAR: Ladesäulen planen mit KI, online verfügbar unter: <https://ladeplan.com/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

L-LAB: L-Lab – Forschung, online verfügbar unter: <https://www.l-lab.de/llab/de/forschung-7.html> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

LUXOFT: Predictive maintenance for connected vehicles. Client success stories, online verfügbar unter: <https://www.luxoft.com/case-studies/predictive-maintenance-for-connected-vehicles> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

MEGABITS: Trafficpilot (GLOSA-App), online verfügbar unter: <https://www.bitsdirectory.com/bits-directory/detail/trafficpilot-glosa-app> [zuletzt aufgerufen am 30. Juni 2025]

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2025: NRW.Mobidrom, online verfügbar unter: <https://www.umwelt.nrw.de/themen/verkehr/zukunft-der-mobilitaet/mobilitaetsdaten/nrwmobidrom> [zuletzt aufgerufen am 8. Juli 2025]

NEUE MOBILITÄT PADERBORN E.V. / NeMo.bil: NeMo.bil – Mobilitätssystem für den bedarfsgerechten Personen- und Gütertransport, online verfügbar unter: <https://nemo-bil.de/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

OSTERMANN, M., BEHM, J., MARTEN, T., TRÖSTER, T., WEYER, J., CEPERA, K., ADELT, F. (2023): Individualization of Public Transport – Integration of Technical and Social Dimensions of Sustainable Mobility, in H. Proff (Ed.): Towards the New Normal in Mobility, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2023, DOI: [10.1007/978-3-658-39438-7_25](https://doi.org/10.1007/978-3-658-39438-7_25)

OSTERMANN, M., BEHM, J., MARTEN, T., TRÖSTER, T. (2023) B: NeMo.bil - Dekarbonisierung des Verkehrs mithilfe von Leichtbau-Fahrzeugschwärmen, in: WerkstoffPlus Auto 13. Fachtagung für neue Fahrzeug- und Werkstoffkonzepte, Stuttgart

PONY AI (2025): Pony AI Inc. becomes the first company in China approved for autonomous truck platooning tests, online verfügbar unter: <https://ir.pony.ai/news-releases/news-release-details/pony-ai-inc-becomes-first-company-china-approved-autonomous> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

RICHTER, R., PETERSSON, J.: Sunglider: Machbarkeit prüfen, in Zukunft Stadt – der Polit-Blog für Osnabrück, online verfügbar unter: <https://zukunft-stadt.eu/2021/05/25/machbarkeit-sunglider-pruefen/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

RTB GMBH & Co. KG: Pilotprojekt Schlosskreuzung – Intelligente Verkehrsflussregelung durch stetige Verkehrserfassung, online verfügbar unter: <https://www.rtb-bl.de/forschung-entwicklung/pilotprojekt-schlosskreuzung/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

RUSCHE, C. (2022): Einführung in GAIA-X. Hintergrund, Ziele und Aufbau, Institut der deutschen Wirtschaft, IW-Report 10/2021, Berlin, online verfügbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/christian-rusche-einfuehrung-in-gaia-x-hintergrund-ziele-und-aufbau.html> [zuletzt aufgerufen am 20. November 2025]

SICP – SOFTWARE INNOVATION CAMPUS PADERBORN/ UNIVERSITÄT PADERBORN (2024): Ohne Auto in ländlichen Räumen? Wie eine intelligente Planung bedarfsgerechter Mobilität aussehen kann, online verfügbar unter: <https://www.sicp.de/nachricht/ohne-auto-in-laendlichen-raeumen-wie-eine-intelligente-planung-bedarfsgerechter-mobilitaet-aussehen-kann> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

SICP – SOFTWARE INNOVATION CAMPUS PADERBORN/ UNIVERSITÄT PADERBORN (2024) B: Wie Autos in der Stadt perfekt miteinander kommunizieren. Interview mit Dr.-Ing. Tobias Hardes, online verfügbar unter: <https://www.sicp.de/nachricht/wie-autos-in-der-stadt-perfekt-miteinander-kommunizieren-interview-mit-dr-ing-tobias-hardes> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

SOMMER, C., DRESSLER, F. (2014): Vehicular Networking, Cambridge University Press

STEVANOVIC, A., STEVANOVIC, J., KERGAYE, C. (2013): Green Light Optimized Speed Advisory Systems: Impact of Signal Phasing Information Accuracy, Transportation Research Record, 2390(1), S. 53-59, DOI: <https://doi.org/10.3141/2390-06>

STADT PADERBORN: Schlosskreuzung, online verfügbar unter: https://www.paderborn.de/microsite/digitale_heimat/smart_city/Schlosskreuzung.php [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

SUNGLIDER AG: Sunglider – Smart Uberground Metros, online verfügbar unter: <https://sunglider.eu/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

TECHNISCHE INFORMATIONSBIBLIOTHEK (2025): Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen für hochautomatisiertes Fahren (RoSSHAF), online verfügbar unter: <https://oa.tib.eu/renate/items/68a115ee-acae-4388-94a0-ae0715607730/full> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

THOMMES, K., HOFFMANN, C. (2019): Nudging professional drivers to improve performance and reduce fuel consumption, in Blog der London School of Economics and Political Science, online verfügbar unter: <https://blogs.lse.ac.uk/businessreview/2019/10/29/nudging-professional-drivers-to-improve-performance-and-reduce-fuel-consumption/> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

UNIVERSITÄT PADERBORN (2021): Optimierung des Verkehrs durch autonome Fahrzeuge, online verfügbar unter: <https://www.uni-paderborn.de/universitaet/presse-kommunikation-marketing/forschungsnachricht/optimierung-des-verkehrs-durch-autonome-fahrzeuge> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

UNIVERSITÄT PADERBORN/ HEINZ NIXDORF INSTITUT: Entwicklung und Simulation kooperativ agierender Fahrerassistenzsysteme, online verfügbar unter: <https://www.hni.uni-paderborn.de/rtm/forschung/fahrerassistenzsysteme> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]

UNIVERSITÄT PADERBORN, EcoDrive, ONLINE VERFÜGBAR UNTER: <https://wiwi.uni-paderborn.de/dep1/organizational-behavior-prof-dr-kirsten-thommes/forschung-1/6> [zuletzt aufgerufen am 20. November 2025]

VTRON: MMZ-GLOSA. MobilityMoveZ- Green Light Optimal Speed Advisory, online verfügbar unter: <https://v-tron.nl/en/glosa/> [zuletzt aufgerufen am 20. November 2025]

XINHUA (2025): Chinese firm launches expressway unmanned truck platoon self-driving testing, in China Daily, online verfügbar unter: <https://global.chinadaily.com.cn/a/202501/14/WS67860a40a310f1265a1dabe1.html> [zuletzt aufgerufen am 19. November 2025]



Der erste Transformationshub, der alle Dimensionen im Wertschöpfungsprozess eines Fahrzeugs adressiert: Produktion, Vertrieb, Nutzung und Recycling. Erfahren Sie mehr zu Handlungsoptionen für digitale Geschäftsmodelle und Services. Werden Sie Teil von DiSerHub. Profitieren Sie von umfassendem Wissen, nutzen Sie Synergien, erhalten Sie effektive Lösungen, beschleunigen Sie Ihre digitale Transformation. [Navigieren Sie Richtung Zukunft.](#)

5 Partner. 5 Standorte. 1 Netzwerk.



diserhub.de